



(11) **EP 2 164 679 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
28.03.2012 Patentblatt 2012/13

(51) Int Cl.:
B24C 1/10 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08773264.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2008/000968

(22) Anmeldetag: **06.06.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/000232 (31.12.2008 Gazette 2009/01)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM OBERFLÄCHENSTRAHLEN EINES BAUTEILS IM BEREICH EINER DURCHGANGSÖFFNUNG**

METHOD AND DEVICE FOR SURFACE PEENING OF A COMPONENT IN THE REGION OF A PASSAGE OPENING

PROCEDE ET DISPOSITIF DE GRENAILLAGE DE SURFACE D'UN COMPOSANT DANS LA ZONE D'UNE OUVERTURE TRAVERSANTE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR

- **REESE, Eggert**
85667 Oberpframmern (DE)
- **STEINWANDEL, Jürgen**
88690 Uhltingen-Mühlhofen (DE)

(30) Priorität: **26.06.2007 DE 102007029491**

(74) Vertreter: **Steczek, Stefan**
Patentanwaltskanzlei
Elbpatent
Bavariaring 38
80336 München (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.03.2010 Patentblatt 2010/12

(73) Patentinhaber:

- **MTU Aero Engines GmbH**
80995 München (DE)
- **EADS Deutschland GmbH**
85521 Ottobrunn (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 623 794 FR-A- 2 714 629
RU-C1- 2 139 785 SU-A1- 1 009 735
US-B1- 6 189 356

(72) Erfinder:

- **BAYER, Erwin**
85221 Dachau (DE)

Bemerkungen:
Die Akte enthält technische Angaben, die nach dem Eingang der Anmeldung eingereicht wurden und die nicht in dieser Patentschrift enthalten sind.

EP 2 164 679 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Oberflächenstrahlen, insbesondere zum Ultraschall-Kugelstrahlen, eines Bauteils im Bereich einer Durchgangsöffnung der in dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art.

[0002] Ein solches Verfahren ist beispielsweise bereits aus der DE 10 2004 059 592 A1 als bekannt zu entnehmen. Dabei wird eine Vorrichtung eingesetzt, welche eine Vibrationseinrichtung in Form einer Ultraschall-Sonotrode zur Beaufschlagung bzw. Beschleunigung des Strahlguts sowie jeweilige Gegenelemente umfasst. Zum Strahlen der Durchgangsöffnung werden dabei die Vibrationseinrichtung auf einer Seite und das jeweilige Gegenelement auf der gegenüberliegenden Seite relativ zu einem die Durchgangsöffnung aufweisenden Bauteilbereich angeordnet. Das Strahlen des Bauteils erfolgt dann zweistufig. In einer ersten Stufe wird der der Vibrationseinrichtung zugewandte Randbereich zwischen der Oberfläche der korrespondierenden Seite des Bauteilbereichs und einer Innenfläche der Durchgangsöffnung gestrahlt. Hierbei wird ein Gegenelement eingesetzt, welches nach Art eines Steckbolzens in die Durchgangsöffnung gesteckt ist. Das Gegenelement und die Durchgangsöffnung weisen somit im Wesentlichen identische Querschnitte auf.

[0003] In einem zweiten Schritt wird ein andersartiges Gegenelement eingesetzt, welches auf der der Vibrationseinrichtung gegenüberliegenden Seite des Bauteils plan an der korrespondierenden Oberfläche des entsprechenden Bauteilbereichs aufliegt. Insgesamt soll durch die beiden Schritte des Oberflächenstrahlens eine homogene Verfestigung der Oberflächen im Bereich der Durchgangsöffnung geschaffen werden, um somit eine Verbindung des Bauteils - vorliegend einer Rotorscheibe einer Gasturbine - zu schaffen, welche äußerst resistent gegen ein Versagen infolge einer Rissbildung ist.

[0004] Aus dem Dokument US-B1-6 189 356 ist ein ähnliches Verfahren - samt Vorrichtung - zum Strahlen eines Bauteils im Bereich einer Durchgangsöffnung bekannt. Gemäß Fig. 3 dieses Dokuments wird von der einer Strahldüse gegenüberliegenden Seite ein Gegenelement in Form eines angespitzten Bolzens in die Öffnung eingeführt, welches zugleich als Ablenkwerkzeug für die Strahlkugeln dient. Die Endbereiche der Durchgangsöffnung sind dabei mittels Masken geschützt. Ein Strahlen dieser Bereiche kann separat erfolgen.

[0005] Dokument EP 1 623 794 zeigt ein Oberflächen-Strahlverfahren gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, mittels welchem eine besonders zuverlässige und gleichmäßige Verfestigung des die Durchgangsöffnung aufweisenden Bauteilbereichs erreicht werden kann.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßi-

gen Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0008] Um eine äußerst zuverlässige und gleichmäßige Verfestigung des Bauteils im Bereich der Durchgangsöffnung zu ermöglichen, ist es bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen, dass das Gegenelement in einem Abstand zur korrespondierenden Seite des Bauteilbereichs angeordnet wird. Mit anderen Worten ist es erfindungsgemäß vorgesehen, das Gegenelement im Unterschied zum Stand der Technik gemäß der DE 10 2004 059 592 A1 nicht unmittelbar an dem entsprechenden Oberflächenbereich des Bauteils zu positionieren, sondern vielmehr einen entsprechenden Abstand vorzusehen.

[0009] Somit wird auf äußerst einfache und zuverlässige Weise erreicht, dass beispielsweise ein Randbereich zwischen einer dem Gegenelement zugewandten Oberfläche der korrespondierenden Seite des Bauteilbereichs und einer Innenfläche der Durchgangsöffnung gleichmäßig oberflächengestrahlt wird. Einhergehend damit kann auch eine gute Verrundung eines ursprünglich im Querschnitt im Wesentlichen eckigen Randbereichs erreicht werden, so dass dieser nach dem erfolgten Oberflächenstrahlen eine erwünschte Abrundung bzw. einen entsprechenden Radius aufweist.

[0010] Durch die beabstandete Anordnung des Gegenelements relativ zu der entsprechenden Oberfläche der korrespondierenden Seite des Bauteilbereichs wird zudem erreicht, dass die Oberfläche nahe der Durchgangsöffnung ebenfalls besonders zuverlässig verfestigt wird. Ein weiterer Vorteil ist es darüber hinaus, dass beide einander gegenüberliegenden Randbereiche zwischen der jeweiligen Oberflächen und der Innenfläche der Durchgangsöffnung gleichzeitig oberflächengestrahlt werden können, so dass das gesamte Bauteil im Bereich der Durchgangsöffnung in einem Verfahrensschritt bearbeitet werden kann.

[0011] Insbesondere ist vorliegend eine Methode geschaffen, mit der eine gezielte Behandlung von Durchgangsöffnungen bzw. Bohrlöchern in Bauteilen aus Aluminium-Basislegierungen bereitgestellt werden kann, die beispielsweise bei entsprechender Schwingungsbelastung und/oder statischer Kraft bzw. Druckbeaufschlagung zur Rissbildung neigen. Somit ist es bei derartigen Bauteilen von großer Bedeutung, ein homogenes Druckeigenspannungsprofil im Bereich der Durchgangsöffnung induzieren zu können. Dies wird mit dem vorliegenden Verfahren auf besonders vorteilhafte Weise erreicht.

[0012] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung hat es sich darüber hinaus als vorteilhaft gezeigt, wenn eine der Durchgangsöffnung zugewandte, nicht-planare Innenseite des Gegenelements eingesetzt wird, mittels welcher ein Randbereich zwischen einer Oberfläche der korrespondierenden Seite des Bauteilbereichs und einer Innenfläche der Durchgangsöffnung oberflächengestrahlt wird. Mit anderen Worten wird durch den Einsatz einer nicht-planaren Innenseite des Gegenelements erreicht, dass die Randseite zwischen der jeweiligen Oberfläche

des Bauteils und der Innenfläche der Durchgangsöffnung auf ideale Weise verfestigt bzw. abgerundet werden kann. Natürlich wird darüber hinaus erreicht, dass auch die Innenfläche insbesondere im oberen Bereich - also nahe des Gegenelements - besonders gut und gleichmäßig gestrahlt wird.

[0013] Es hat sich als zudem vorteilhaft gezeigt, dass ein Ablenkwerkzeug in der Durchgangsöffnung angeordnet wird. Durch ein derartiges Ablenkwerkzeug, welches im Querschnitt geringer bemessen ist als die korrespondierende Durchgangsöffnung, wird eine gezielte Ablenkung des durch die Vibrationseinrichtung beschleunigten Strahlguts in Richtung der Innenfläche der Durchgangsöffnung erreicht, so dass diese besonders zuverlässig und homogen verfestigt wird.

[0014] In diesem Zusammenhang hat es sich als weiter positiv gezeigt, dass das Ablenkwerkzeug von der Seite des Gegenelements her in der Durchgangsöffnung angeordnet wird. Demzufolge wird das Ablenkwerkzeug auf der der Vibrationseinrichtung gegenüber liegenden Seite positioniert, so dass das durch die Vibrationseinrichtung beschleunigte Strahlgut auf besonders vorteilhafte Weise mittels des Ablenkwerkzeugs insbesondere in Richtung der Innenfläche der Durchgangsöffnung abgelenkt wird.

[0015] Als weiterhin vorteilhaft hat es sich gezeigt, dass das Ablenkwerkzeug gemeinsam mit dem Gegenelement relativ zu dem die Durchgangsöffnung aufweisenden Oberflächenbereich des Bauteils angeordnet wird. Somit ergibt sich eine verfahrenstechnisch besonders einfache Anordnung des Gegenelements und des Ablenkwerkzeugs, wobei darüber hinaus auf einfache Weise sichergestellt werden kann, dass das Gegenelement und das Ablenkwerkzeug stets gleichbleibend relativ zueinander positioniert sind. Somit lässt sich eine besonders gute Reproduzierbarkeit des Oberflächenstrahlens gewährleisten. In diesem Zusammenhang hat es sich in weiterer Ausgestaltung der Erfindung als besonders vorteilhaft gezeigt, wenn das Ablenkwerkzeug und das Gegenelement einteilig ausgebildet sind.

[0016] Das im Querschnitt geringer als die Durchgangsöffnung bemessene Ablenkwerkzeug wird zudem bevorzugterweise in einem zentralen Bereich der Durchgangsöffnung angeordnet, so dass dieses nach allen Seiten hin einen vorzugsweise gleichmäßigen Abstand zur korrespondierenden Innenfläche der Durchgangsöffnung aufweist. Hierdurch wird eine besonders homogene Verfestigung der Innenfläche der Durchgangsöffnung erreicht.

[0017] Zudem vorteilhaft ist es, wenn das Ablenkwerkzeug über eine Teillänge der Durchgangsöffnung innerhalb dieser angeordnet ist. Da erfahrungsgemäß die Innenfläche der Durchgangsöffnung nahe der Vibrationseinrichtung hinreichend verfestigt wird, ist es insbesondere erforderlich, dass das Ablenkwerkzeug in derjenigen Teillänge der Durchgangsöffnung positioniert wird, welche von der Vibrationseinrichtung entfernt angeordnet ist. Somit wird insgesamt durch ein über lediglich eine

Teillänge der Durchgangsöffnung positioniertes Ablenkwerkzeug eine äußerst homogene bzw. gleichmäßige Verfestigung der Innenfläche der Durchgangsöffnung gewährleistet.

[0018] Zudem vorteilhaft ist es, wenn eine das Strahlgut beaufschlagende Oberfläche der Vibrationseinrichtung in einem Abstand zur korrespondierenden Seite des Oberflächenbereichs des Bauteils angeordnet wird. Somit kann gewährleistet werden, dass auch die der Vibrationseinrichtung zugewandte Oberfläche der korrespondierenden Seite des Bauteilbereichs bzw. ein Randbereich zwischen dieser Oberfläche und der Innenfläche der Durchgangsöffnung besonders zuverlässig verfestigt bzw. abgerundet wird. Wenn somit insgesamt sowohl das Gegenelement wie auch die vibrierende Oberfläche der Vibrationseinrichtung in einem jeweiligen Abstand zur korrespondierenden Oberfläche des Bauteils angeordnet sind, kann eine besonders zuverlässige Verfestigung der beiden Randbereiche zwischen den jeweiligen Oberflächen und der Innenfläche der Durchgangsöffnung erzielt werden.

[0019] Um eine besonders vorteilhafte Verfestigung des Bauteils im Bereich der Durchgangsöffnung zu erreichen, hat es sich als weiter vorteilhaft gezeigt, wenn der die Durchgangsöffnung aufweisende Oberflächenbereich des Bauteils im Wesentlichen horizontal und die Vibrationseinrichtung unterhalb des Oberflächenbereichs angeordnet werden.

[0020] Schließlich hat sich ein Verfahren als vorteilhaft gezeigt, bei welchem der Bauteilbereich innerhalb einer Strahlkammer positioniert wird, in welcher neben diesem zusätzlich die Vibrationseinrichtung und das Gegenelement angeordnet sind. Durch eine derartige Strahlkammer kann die Menge an Strahlgut auf einfache Weise gleichmäßig gehalten werden, so dass sich ein äußerst reproduzierbares Strahlergebnis erzielen lässt.

[0021] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels sowie anhand der Zeichnungen; diese zeigen in:

Figur 1 eine schematische Schnittansicht durch eine Vorrichtung zum Ultraschall-Kugelstrahlen eines Bauteils im Bereich einer Durchgangsöffnung, wobei eine das Strahlgut beaufschlagende Vibrationseinrichtung zu einer unteren Seite und ein Gegenelement auf einer gegenüberliegenden oberen Seite relativ zu dem die Durchgangsöffnung aufweisenden Bauteilbereich angeordnet ist, und wobei sowohl die Vibrationseinrichtung wie auch das Gegenelement in einem jeweiligen Abstand zur korrespondierenden Seite des Bauteilbereichs angeordnet sind; und in

Figur 2 ein schematisches Diagramm der Tiefenverteilung der Verfestigung bzw. des Druckeigenspannungsprofils in den verfestigten Randschichten bzw. Oberflächen des Bau-

teils insbesondere im Bereich der Durchgangsöffnung.

[0022] Beispielsweise im Flugzeugbau treten exponierte Stellen auf, an denen z.B. Bolzenbefestigungen mit hoher Krafteinleitung bzw. Druckbeaufschlagung gegeben sind. Ein Beispiel für derartige exponierte Stellen sind Triebwerks- und Flächenbefestigungen oder Befestigungsstellen für externe Lasten wie Zusatztanks oder Waffen. Bei Durchgangsöffnungen für Bolzen in Leichtmetallen, beispielsweise in Aluminium-Basislegierungen, welche in der Regel Bolzen aus einem Fe/Ni-Material aufnehmen, ist z.B. mit Schwingungs- und

[0023] Spannungsrisskorrosion zu rechnen. Dabei tritt die Beschädigung in jedem Fall auf der Seite des Leichtmetalls, also im Bereich der Durchgangsöffnung für den Bolzen, auf. Unbehandelte Oberflächen führen dabei in Abhängigkeit relevanter Parameter wie Druck, Krafteinleitung oder Schwindungsbelastung zum schnellen Versagen infolge einer massiven Rissbildung. Es ist daher unbedingt erforderlich, in der Randschicht entsprechender Durchgangsöffnungen ein geeignetes Druckeigenstressprofil bzw. eine geeignete Verfestigung aufzubauen.

[0024] Aus diesem Grund wird vorliegend ein Verfahren sowie eine Vorrichtung vorgeschlagen, mittels welchen Druckeigenstressungen zur Vermeidung von Spannungs-Risskorrosion oder dergleichen induziert werden können.

[0025] Hierzu umfasst eine Vorrichtung gemäß Fig. 1 eine im Schnitt dargestellte Vibrationseinrichtung 10, welche eine entsprechende Oberfläche 12 umfasst, mittels welcher Strahlgut - vorliegend in Form von Stahlkugeln 14 - beaufschlagt bzw. beschleunigt werden kann. Die Vibrationseinrichtung 10 ist vorliegend beispielsweise als Ultraschall-Sonotrode ausgebildet und oszilliert - wie durch den Doppelpfeil 16 angedeutet - etwa senkrecht bezogen auf deren Oberfläche 12. Aus Figur 1 ist erkennbar, dass die Vibrationseinrichtung 10 auf einer unteren Seite 18 eines vorliegend etwa horizontal verlaufenden, geschnitten dargestellten Vorteilbereichs 20 eines Bauteils 22 angeordnet ist.

[0026] Im Bauteilbereich 20 des Bauteils 22 ist eine Durchgangsöffnung 24 vorgesehen, welche vorliegend beispielsweise einen kreisrunden Querschnitt aufweist und zur Aufnahme eines Bolzens dient. Das Bauteil 22 kann beispielsweise ein Leichtbauteil aus dem Flugzeugbau sein, welches insbesondere aus einer Aluminium-Basislegierung geschaffen ist. Natürlich wäre eine Vielzahl von anderen Bauteilen aus dem Flugzeugbau insbesondere auch in Form von Triebwerksteilen denkbar. Natürlich wäre es auch denkbar, die beschriebene Vorrichtung bzw. das zugehörige Verfahren bei Bauteilen außerhalb des Flugzeugbaus einzusetzen.

[0027] Aus Figur 1 ist des Weiteren erkennbar, dass auf einer der Vibrationseinrichtung 10 gegenüber liegenden oberen Seite 26 des Bauteilbereichs 20 des Bauteils 22 ein Gegenelement 28 angeordnet ist, dessen Funkti-

on im Weiteren noch näher erläutert werden wird. Auch das Gegenelement 28 ist vorliegend in einer schematischen Schnittansicht dargestellt.

[0028] Es ist erkennbar, dass sowohl die Vibrationseinrichtung 10 wie auch das Gegenelement 28 vollständig den lichten Querschnitt der Durchgangsöffnung 24 überdecken. Die Vibrationseinrichtung 10 und das Gegenelement 28 sind einer Strahlkammer 30 zugeordnet, deren Strahlkammerwände 32 in Figur 1 lediglich äußerst schematisch durch entsprechende Linien dargestellt sind. Es sei deshalb explizit angemerkt, dass die Vibrationseinrichtung 10 bzw. deren schwingende Oberfläche 12 relativ zur Strahlkammer 30 bzw. deren Strahlkammerwände 32 beweglich bzw. vibrierend ausgebildet ist.

[0029] Der Bauteilbereich 20 des Bauteils 22 ist vorliegend mittels einer Halteeinrichtung 34 bzw. mittels von lediglich äußerst schematisch dargestellten Halteelementen 36 derart gehalten, dass die Durchgangsöffnung 24 innerhalb der Strahlkammer 30 positioniert ist. Durch die Halteeinrichtung 34 bzw. die Halteelemente 36 wird zudem die Anordnung bzw. Positionierung der Vibrationseinrichtung 10, des Gegenelements 28 sowie des Bauteilbereichs 20 relativ zueinander erreicht.

[0030] Von der oberen Seite 26 - also der Seite des Gegenelements 28 her - ist ein Ablenkwerkzeug 38 innerhalb der Durchgangsöffnung 24 angeordnet. Es ist erkennbar, dass das Ablenkwerkzeug 38 im Querschnitt geringer ausgebildet ist als der Querschnitt der Durchgangsöffnung 24. Des Weiteren ist erkennbar, dass das Ablenkwerkzeug 38 in einem zentralen Bereich der Durchgangsöffnung 24 angeordnet ist und über eine Teillänge der Durchgangsöffnung 24 innerhalb dieser angeordnet ist. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel entspricht diese Teillänge etwa der halben Breite des Bauteilbereichs 20. An seinem der Vibrationseinrichtung 10 zugewandten freien Ende umfasst das Ablenkwerkzeug 38 eine Ablenkspitze 40, deren Funktion im Weiteren ebenfalls noch näher erläutert werden wird. Das Ablenkwerkzeug 38 kann sowohl separat zu sowie auch einteilig mit dem Gegenelement 28 ausgeführt sein. In einer Ausführungsform ist das Ablenkwerkzeug 38 dabei gemeinsam mit dem Gegenelement 28 relativ zu dem die Durchgangsöffnung 24 aufweisenden Bauteilbereich 20 anordenbar.

[0031] Das mittels der beschriebenen Vorrichtung durchzuführende Verfahren zum Ultraschall-Kugelstrahlen des die Durchgangsöffnung 24 umfassenden Bauteilbereichs 20 zeichnet sich insbesondere durch die Induktion eines äußerst homogenen Druckeigenstressprofils bzw. einer äußerst homogenen Verfestigung aus. Da die Oberfläche 12 der Vibrationseinrichtung 10 in einem Abstand zur korrespondierenden unteren Seite 18 angeordnet ist, trifft ein Teil der durch die Oberfläche 12 beschleunigten Kugeln 14 auf eine Oberfläche 42 der unteren Seite 18 auf. Zudem trifft ein Teil der Kugeln 14 unmittelbar auf den unteren Bereich einer Innenfläche 44 der Durchgangsöffnung 24 auf. Darüber hinaus wird der Randbereich 46 zwischen der Oberfläche

42 und der Innenfläche 44 der Durchgangsöffnung gleichmäßig oberflächengestrahlt, so dass der Randbereich 46 einerseits verfestigt und andererseits entsprechend - mit einem Radius versehen - abgerundet wird.

[0032] Ein Teil der mittels der Oberfläche 12 der Vibrationseinrichtung 10 beschleunigten Kugeln 14 wird darüber hinaus mittels des Ablenkwerkzeugs 38 bzw. der Ablenkspitze 40 derart abgelenkt bzw. umgeleitet, dass die Kugeln 14 insbesondere in Richtung des oberen Bereichs der Innenfläche 44 der Durchgangsöffnung 24 gelangen. Somit wird durch das Ablenkwerkzeug 38 eine homogene Verfestigung bzw. ein homogenes Druckeigenspannungsprofil über die gesamte Innenfläche 44 der Durchgangsöffnung 24 erreicht.

[0033] Ein weiterer Teil der durch die Oberfläche 12 der Vibrationseinrichtung 10 beschleunigten Kugeln 14 prallt an dem Gegenelement 28 ab, welches in einem Abstand zur korrespondierenden oberen Seite 26 des Bauteilbereichs 20 angeordnet wird. Eine der Durchgangsöffnung 24 zugewandte Innenseite 48 des Gegenelements 28 ist dabei nicht-planar, sondern vielmehr im vorliegenden Fall leicht kegelförmig bzw. schräg zulau fend ausgebildet. Hierdurch wird insbesondere erreicht, dass die auf die Innenseite 48 treffenden Kugeln schräg nach außen abgelenkt werden, so dass einerseits eine Oberfläche 50 der oberen Seite 26 des Bauteilbereichs 20 und andererseits insbesondere ein Randbereich 52 zwischen der Oberfläche 50 und der Innenfläche 44 der Durchgangsöffnung 24 verfestigt wird. Der Randbereich 52 zwischen der Oberfläche 50 und der Innenfläche 44 wird dabei gleichzeitig verfestigt und - mit einem Radius versehen - abgerundet. Als im Rahmen der Erfindung liegend ist es dabei zu betrachten, dass die Innenfläche 44 auch eine andere Gestalt, insbesondere eine abge rundete Form, aufweisen könnte.

[0034] Wie bereits erläutert, befinden sich sowohl das Gegenelement 28 wie auch die Vibrationseinrichtung 10 innerhalb der Strahlkammer 30, so dass die Menge an Strahlgut bzw. Stahlkugeln 14 auf einfache Weise gleichmäßig gehalten werden kann. Hierdurch wird ein besonders reproduzierbares Verfestigungsergebnis erreicht. Zwischen der Strahlkammer 30 und dem Bauteilbereich 20 können darüber hinaus entsprechende Dichtungselemente oder dergleichen vorgesehen sein, um einen unerwünschten Austritt von Strahlgut zu verhindern.

[0035] Durch die vorliegend horizontale Anordnung des Bauteilbereichs 20 und der Oberfläche 12 der Vibrationseinrichtung 10 wird zudem ein besonders reproduzierbares Strahlergebnis erzielt. Da die Vibrationseinrichtung 10 auf der unteren Seite 18 des Bauteilbereichs 20 angeordnet ist, gelangt das Strahlgut auf einfache Weise alleine aufgrund seiner Schwerkraft zur Vibrationseinrichtung 10 zurück.

[0036] Insgesamt ist somit erkennbar, dass vorliegend ein Verfahren sowie eine Vorrichtung geschaffen sind, mittels welchen ein äußerst homogenes Druckeigenspannungsprofil in den Randschichten - vorliegend den Oberflächen 42 und 50, den Randbereichen 46 und 52,

sowie der Innenfläche 44 der Durchgangsöffnung 24 - geschaffen werden kann. Dabei sorgt insbesondere das Gegenelement 28 dafür, dass durch die Durchgangsöffnung 24 nach oben austretende Stahlkugeln vorzugsweise auf den oberen Randbereich 52 gerichtet werden und zur Abrundung führen. Dieser Effekt wird auf der unteren Seite 18 am unteren Randbereich 46 von vorn herein erhalten. Zur Verstärkung des Effekts an den Innenfläche 44 wird von oben her das Ablenkwerkzeug 38 gegen die Unterseite geführt, wodurch die homogene Verfestigung erreicht wird.

[0037] In Figur 2 ist die Tiefenverteilung der Verfestigung bzw. des Druckeigenspannungsprofils in den verfestigten Randschichten bzw. Oberflächen des Bauteils insbesondere im Bereich der Durchgangsöffnung in einem schematischen Diagramm erkennbar, wobei auf der Ordinate die Spannung und auf der Abszisse die Abtragtiefe abgetragen ist. Dabei wird insbesondere die homogene Verfestigung der entsprechenden Bauteile erkennbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Oberflächenstrahlen, insbesondere zum Ultraschall-Kugelstrahlen, eines Bauteils (22) im Bereich einer Durchgangsöffnung (24), bei welchem eine das Strahlgut (Kugeln 14) beaufschlagende Vibrationseinrichtung (10) auf einer Seite (18) und ein Gegenelement (28) auf einer gegenüberliegenden Seite (26) relativ zu einer die Durchgangsöffnung (24) aufweisenden Bauteilbereich (20) angeordnet werden, und bei welchem das Gegenelement (28) in einem Abstand relativ zur korrespondierenden Seite (26) des Bauteilbereichs (20) angeordnet wird, und Kugeln (14) aus der Durchgangsöffnung (24) heraus bis an das Gegenelement (28) bewegt werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein im Querschnitt geringer als die Durchgangsöffnung (24) bemessenes Ablenkwerkzeug (38) in der Durchgangsöffnung (24) angeordnet wird, welches von der Seite des Gegenelements (28) her sowie gemeinsam mit dem Gegenelement (28) relativ zu dem die Durchgangsöffnung (24) aufweisenden Bauteilbereich (20) angeordnet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Gegenelement (28) mit einer der Durchgangsöffnung (24) zugewandten, nicht-planaren Innenseite (48) eingesetzt wird, mittels welcher ein Randbereich (52) zwischen einer Oberfläche (50) des Bauteilbereichs (20) und einer Innenfläche (44) der Durchgangsöffnung (24) gestrahlt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das im Querschnitt geringer als die Durchgangsöffnung (24) bemessene Ablenkwerkzeug (38) in einem zentralen Bereich der Durch-

gangsöffnung (24) über eine Teillänge der Durchgangsöffnung (24) innerhalb dieser angeordnet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine das Strahlgut beaufschlagende Oberfläche (12) der Vibrationseinrichtung (10) in einem Abstand zur korrespondierenden Seite (18) des Bauteilbereichs (20) angeordnet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der die Durchgangsöffnung (24) aufweisende Bauteilbereich (20) im Wesentlichen horizontal, und die Vibrationseinrichtung (10) unterhalb des Bauteilbereichs (20) angeordnet werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der die Durchgangsöffnung (24) aufweisende Bauteilbereich (20) innerhalb einer Strahlkammer (30) positioniert wird, in welcher die Vibrationseinrichtung (10) und das Genelement (28) angeordnet sind.

as to be smaller in cross-section than the passage opening (24) is arranged in a central region of the passage opening (24) over a partial length of the passage opening (24) inside the latter.

4. Method according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** a surface (12) of the vibration device (10) acting upon the peening material is arranged at a distance from the corresponding side (18) of the component region (20).
5. Method according to one of claims 1 to 4, **characterised in that** the component region (20) that has the passage opening (24) is arranged substantially horizontally and the vibration device (10) is arranged underneath the component region (20).
6. Method according to one of claims 1 to 5, **characterised in that** the component region (20) that has the passage opening (24) is positioned inside a peening chamber (30) in which the vibration device (10) and the counter-element (28) are arranged.

Claims

1. Method for the surface-peening, in particular the ultrasonic shot-peening, of a component (22) in the region of a passage opening (24), in which a vibration device (10) acting upon the peening material (spheres 14) is arranged on one side (18) and a counter-element (28) is arranged on an opposite side (26) relative to a component region (20) that has the passage opening (24), and in which the counter-element (28) is arranged at a distance relative to the corresponding side (26) of the component region (20), and spheres (14) are moved from out of the passage opening (24) as far as the counter-element (28), **characterised in that** a deflecting tool (38), which is dimensioned so as to be smaller in cross-section than the passage opening (24), is arranged in the passage opening (24), which deflecting tool (38) is arranged, relative to the component region (20) that has the passage opening (24), from the side of the counter-element (28) and also jointly with the counter-element (28).
2. Method according to claim 1, **characterised in that** a counter-element (28) is used that has a non-planar inner side (48) which faces the passage opening (24) and by means of which an edge region (52) between a surface (50) of the component region (20) and an inner face (44) of the passage opening (24) is peened.
3. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the deflecting tool (38) that is dimensioned so

Revendications

1. Dispositif de grenailage de surface, en particulier pour le micro-billage aux ultrasons, d'un composant (22) dans la zone d'une ouverture traversante (24), dans lequel un dispositif vibrant (10) agissant sur le matériau de grenailage (billes 14) est disposé sur un côté (18) et un élément opposé (28) est disposé sur un côté opposé (26) par rapport à une zone du composant (20) présentant l'ouverture traversante (24), et dans lequel l'élément opposé (28) est disposé à distance par rapport au côté correspondant (26) de la zone du composant (20), et on met des billes (14) en mouvement hors de l'ouverture traversante (24) jusqu'à l'élément opposé (28), **caractérisé en ce que** l'on dispose dans l'ouverture traversante (24) un outil de déviation (38), de section transversale plus petite que l'ouverture traversante (24), qui part du côté de l'élément opposé (28) et qui est disposé, en commun avec l'élément opposé (28), par rapport à la zone du composant (20) présentant l'ouverture traversante (24).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on utilise un élément opposé (28) avec un côté intérieur (48) non plan, tourné vers l'ouverture traversante (24), au moyen duquel on grenaille une zone de bord (52) entre une surface (50) de la zone du composant (20) et une face intérieure (44) de l'ouverture traversante (24).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'on dispose l'outil de déviation (38), de section transversale plus petite que l'ouverture tra-

versante (24), dans une zone centrale de l'ouverture traversante (24) sur une longueur partielle de l'ouverture traversante (24) à l'intérieur de celle-ci.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'on dispose une surface (12) du dispositif vibrant (10) agissant sur le matériau de grenailage à une distance du côté correspondant (18) de la zone du composant (20). 5
10
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'on dispose la zone du composant (20) présentant l'ouverture traversante (24) en position essentiellement horizontale et le dispositif vibrant (10) en dessous de la zone du composant (20). 15
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** l'on positionne la zone du composant (20) présentant l'ouverture traversante (24) à l'intérieur d'une chambre de grenailage (30), dans laquelle le dispositif vibrant (10) et l'élément opposé (28) sont disposés. 20

25

30

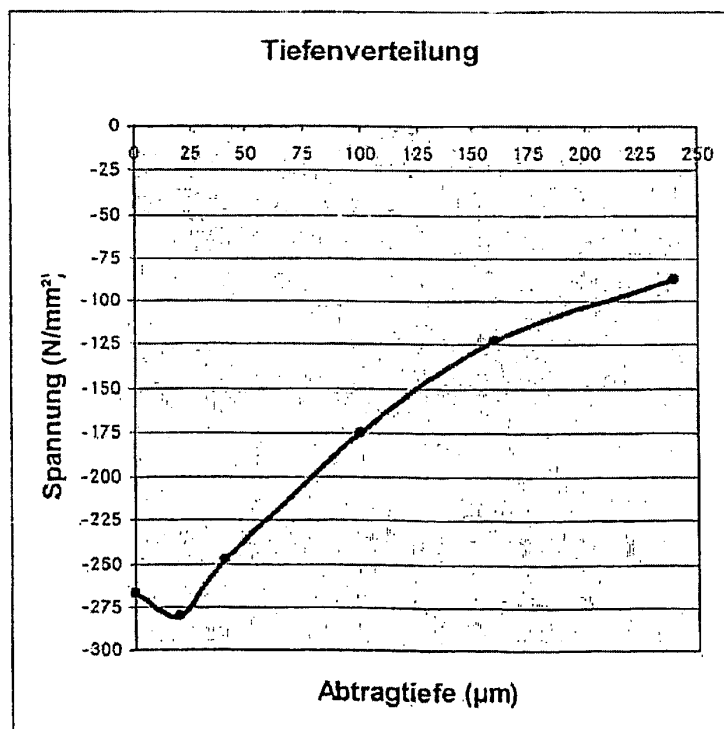
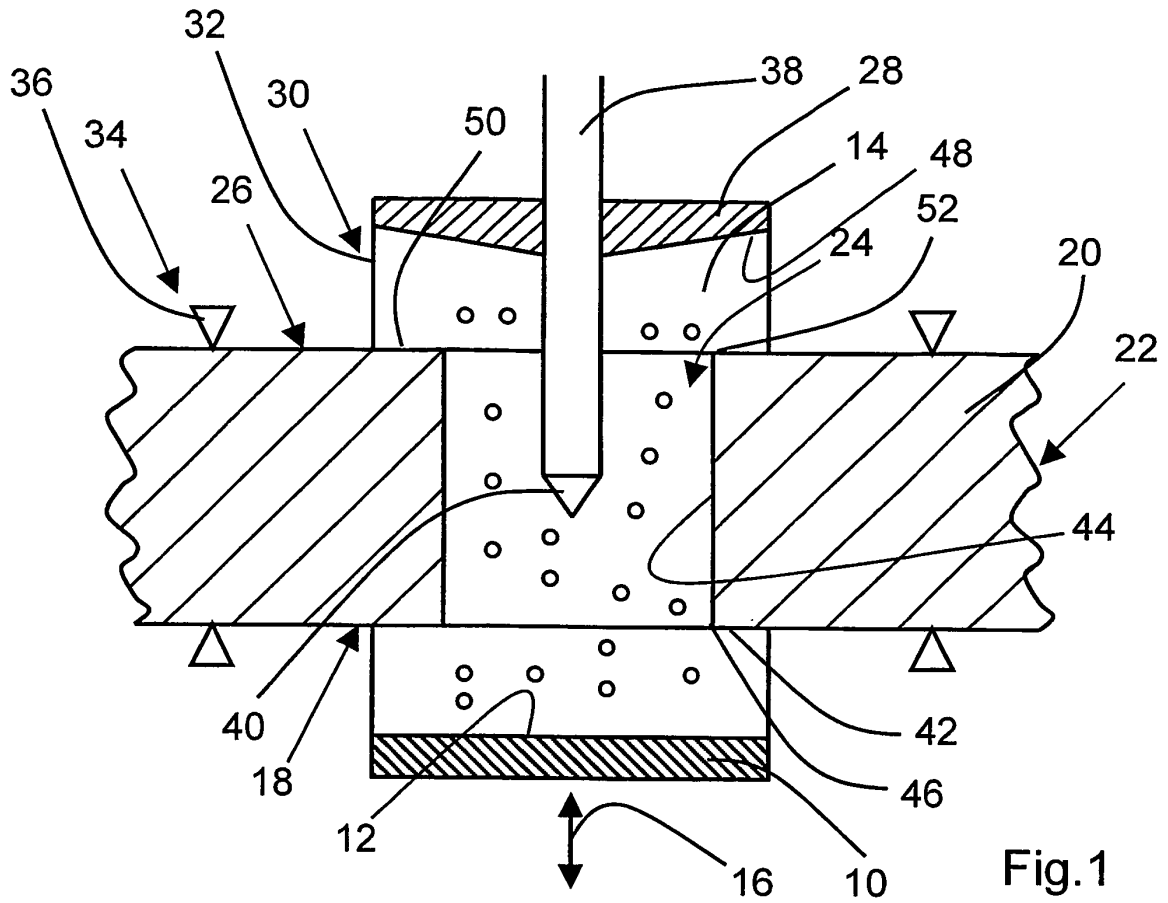
35

40

45

50

55



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102004059592 A1 [0002] [0008]
- US 6189356 B1 [0004]
- EP 1623794 A [0005]